

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-131520

(43)Date of publication of application : 09.05.2002

(51)Int.Cl.

G02B 5/10  
G02B 7/182  
G03F 7/22  
H01L 21/027

(21)Application number : 2000-328094

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 27.10.2000

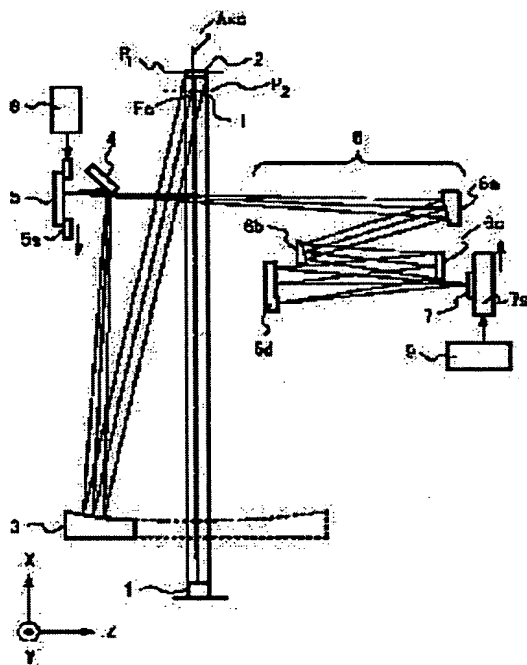
(72)Inventor : TAKINO HIDEO  
ITO AKINORI

(54) METHOD FOR MANUFACTURING MULTI-SURFACE REFLECTION MIRROR, AND ALIGNER USING REFLECTION MIRROR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for manufacturing a multi-surface reflection mirror having a reflection plane shape with a high yield, and further to obtain a semiconductor aligner with higher throughput.

SOLUTION: The method for manufacturing the multi-surface reflection mirror comprises repeatedly arranging a basic reflection plane, forming a part of a specified curved surface into a plane shape, on an arrangement table and consists of a first positioning part forming step to form the first positioning part on the basic reflection plane and a second positioning part forming step to form the second positioning part on the arrangement table and a contacting step to contact the first positioning part against the second positioning part.



BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-131520  
(P2002-131520A)

(43) 公開日 平成14年5月9日 (2002.5.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 B 5/10		G 0 2 B 5/10	C 2 H 0 4 2
7/182		G 0 3 F 7/22	H 2 H 0 4 3
G 0 3 F 7/22		G 0 2 B 7/18	Z 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願2000-328094 (P2000-328094)

(22) 出願日 平成12年10月27日 (2000.10.27)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 瀧野 日出雄

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 伊藤 彰則

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

Fターム(参考) 2H042 DC07 DC09 DC10 DD04

2H043 CA02 CA04 CA09

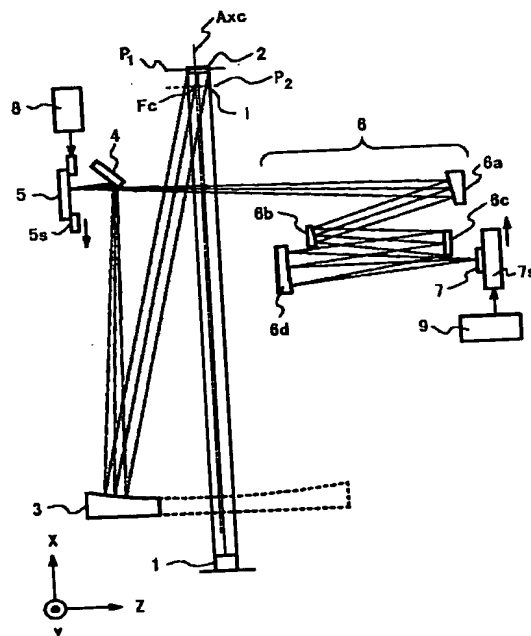
5F046 CB03

(54) 【発明の名称】 多面反射鏡の製造方法および反射鏡を用いた露光装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 反射面形状を有する多面反射鏡を歩留まりよく製造できる製造方法を提供するとともに、さらには、よりスループットの高い半導体露光装置を得る。

【解決手段】 所定の曲面の一部を面形状とする基本反射面を配置台に繰り返し配置してなる多面反射鏡の製造方法であって、前記基本反射面に第1の位置決め部を形成する第1位置決め形成工程と、前記配置台に第2の位置決め部を形成する第2位置決め形成工程と、前記第1の位置決め部と前記第2の位置決め部とを当接させる当接工程とからなる多面反射鏡の製造方法とした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】所定の曲面の一部を面形状とする基本反射面を配置台に繰り返し配置してなる多面反射鏡の製造方法であって、前記基本反射面に第1の位置決め部を形成する第1位置決め形成工程と、前記配置台に第2の位置決め部を形成する第2位置決め形成工程と、前記第1の位置決め部と前記第2の位置決め部とを当接させる当接工程とからなる多面反射鏡の製造方法。

【請求項2】前記第1及び第2の位置決め部の形状は、突起又は溝であることを特徴とする請求項1に記載の多面反射鏡の製造方法。

【請求項3】請求項1又は2に記載の多面反射鏡の製造方法によって製造された多面反射鏡。

【請求項4】請求項3に記載の多面反射鏡を具えたことを特徴とする反射型照明装置。

【請求項5】光源と、マスクを保持して移動するマスクステージと、前記マスクに前記光源からの光を照明する照明装置と、前記照明装置によって照明された前記マスク上のパターンをウェハ上に投影する投影光学装置と、前記ウェハを保持して移動させるウェハステージとを有する半導体露光装置であって、前記照明装置が請求項4に記載の反射型照明装置であることを特徴とする半導体露光装置。

【請求項6】前記反射型照明装置は、前記多面反射鏡の有する反射面が前記投影光学装置の光学視野と相似形状であることを特徴とする請求項5に記載の半導体露光装置。

【請求項7】前記投影光学装置の光学視野が円弧状であることを特徴とする請求項6に記載の半導体露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、反射鏡の製造方法及び半導体製造装置に関するものであり、特に、基本反射面の繰り返し配列により構成される反射面を有する多面反射鏡の製造方法、反射型照明装置、更にはその照明装置を用いた露光装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】現在、DRAMやMCP等の半導体デバイスの製造においては、線幅をより狭くする開発研究が盛んに行われており、デザインルール 0.13  $\mu\text{m}$  (4G・DRAM相当)、0.1  $\mu\text{m}$  (16G・DRAM相当)、更には0.07  $\mu\text{m}$  (32G・DRAM相当)の実現に向けて種々の技術が開発されている。

【0003】線幅を狭くしようとすると、露光時に光の回折現象が生じる。すなわち、線幅を狭くとした場合、回折現象に起因す像や集光点のボケなどが生じることが問題となる。この回折現象の影響を押さえるためには露光光学系の開口数 (N.A.: Numerical aperture) を大きくする必要があり、光学系の大口径化と波長の短波長化が開発のポイントになっている。

【0004】ところが、光の波長を短く、特に200 nm以下にすると、加工が容易でありながら、光吸収の少ない光学材料が見当たらない。このため、反射光学系による投影光学系の開発がなされており、相当な成果を上げている。その中に、複数の反射鏡の組み合わせによって、軟X線に対して円弧状の光学視野(露光領域として使用出来る領域)を実現し、マスクとウェハを投影縮小率比の相対速度で、互いに同期して移動させることによってチップ全体を露光しようとする方法がある(例えば、Koichiro Hoh and Hiroshi Tanino; "Feasibility Study on the Extreme UV/Soft X-ray Projection-type Lithography", Bulletin of the Electrotechnical Laboratory Vol. 49, No.12, P.983-990, 1985.を参照。なお、この文献を以後、参考文献1と記す)。

【0005】ところで、線幅と並ぶ重要な要素にいわゆるスループットがある。このスループットに関与する要因としては、光源の発光強度、照明系の効率、反射系に使用する反射鏡の反射率、ウェハ上の感光材料・レジストの感度等がある。現在、光源としては、ArFレーザー、F<sub>2</sub>レーザー、更に短波長光の光源としてシンクロトロン放射光やレーザープラズマ光がある。また、これらの光を反射する反射鏡に関しても、高い反射率が得られるように多層膜反射鏡の開発も行われている(詳細は前述の参考文献1、及び、Andrew M. Hawryluk et al.

;"Soft x-ray beamsplitters and highly dispersive multilayer mirrors for use as soft x-ray laser cavity component", SPIE Vol. 688 Multilayer Structure and Laboratory X-ray Laser Research (1986) P.81-90 及び、特開昭63-312640号公報を参照)。

【0006】さて、この半導体露光装置用として、ムラ無く均一に原版を照明するために、光源の光量分布によらずに均一に原版に照明するための照明光学系が開発されている。この照明光学系に要求されるものは、一様照明性や開口性である。例えば特開昭60-232552号公報には、矩形形状の照明領域を対象とした技術が提案されている。しかし、半導体露光装置には、原版のパターンをウェハ上に形成する投影光学系を備えており、この投影光学系の視野が円弧上である場合、照明視野が矩形形状では光の利用効率が悪く、どうしても露光時間を短縮出来ず、従って、スループットが上がらなかった。

【0007】また、近年、軟X線を供給するシンクロトロン発生装置等の光源装置を用いて、より一層微細な線幅のパターンを感光性基板に投影露光し得る次世代の露光装置が切望されているが、これまで軟X線等のX線を効率良く均一にマスクを照明し得る照明装置、及び露光装置が提案されていなかった。

【0008】最近、この問題を解決する方法として、投影光学系の有する光学視野に合わせて照明視野を設定し、これによって照明効率を上げ、スループットの問題

3  
を解決する方法が特開平11-312638号公報に提案されている。

【0009】この方法を用いることにより、従来型よりも格段に照明効率が高く、より高いスループット化にも十分に対応でき、しかもケーラー照明等の均一照明が実現し得る照明装置、その照明装置を備えた露光装置が実現可能である。

【0010】この技術を図2をもとに簡単に説明する。図2は投影露光装置の概要図であり、光源1より出た光は提案された多面反射鏡2、コンデンサー光学素子3及び反射鏡4を経てマスクステージ5s上に保持されたマスク5を照明する。マスク5には、ウェハステージ7s上に保持されたウェハ上に描くべきパターンが反射体図形として形成されている。マスク上のパターンは2、3、4からなる反射型照明光学装置によって照明され、6a、6b、6c、6dからなる投影光学装置6を通じてウェハ7上に投影される。この時投影光学装置の光学視野は製作すべきデバイスチップ全体をカバー出来るほど広くはなく、マスク5とウェハ7を同期させて相対的に移動（スキャン）させながら露光を行うことによってチップ全体のパターンをウェハ上に形成する。このために、ステージの移動量を制御する、レーザー干渉距離計を含むマスクステージコントローラ8とウェハステージコントローラ9が備わっている（このスキャンを伴う露光方式に関しては先の参考文献1を参照）。この際のポイントは、多面反射鏡2をひとつ又は複数の微小な基本反射面の繰り返し配列により多面反射鏡を構成することであり、その基本反射面の外形状を投影光学装置の光学視野形状と相似形にすることである。これによって位置P2に多数の点光源像1がほぼ円形状に形成され、これがコンデンサー光学素子によって必要な照明視野を形成する。上記のような技術によって、マスク上の照明すべき領域を無駄無く一様に照明でき、露光時間の短縮が可能になって、高いスループットを有する半導体露光装置の実現が可能になる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記の様な、円弧状の照明視野を有する反射型照明光学装置用の多面反射鏡、及びその基本反射面を実際に設計した結果を図3、4を用いて説明する。図3に示すように、この多面反射鏡は、3種類の基本反射面（A、B、C）から構成されている。すなわち、多面反射鏡の各列は、各基本反射面がA、B、C、…の順に配列されている。図4（a）、（b）、（c）には、各基本反射面の形状を示す。これらの図に示すように各基本反射面は、曲率半径Rの凹の球面41に、YZ面に平行な円弧状帯（平均半径がZhの円の円弧状帯）を投影した形状になっている。このとき、投影する円弧の円の中心を球面の中心軸に合わせた場合の投影像がAであり、円弧の中心を球面の軸に垂直にYhだけずらした場合の投影像がB、Cである。この

投影像形状を切り出して基本反射面とする。いずれも、ほぼ円弧状になる。少なくともX方向より見れば完全な円弧状である。そして、B、CをそれぞれY軸方向に平行移動してAと組み合わせていく。このようにしてできた多面反射鏡に、例えばX方向より平行光線を入射させるとAによる点像が球面41の焦点に、Bによる点像が焦点より+Yhだけ横ずれして、Cによる点像が焦点より-Yhだけ横ずれして形成される。ここで、例えば、基本反射面の好適な実用的な設計解としては、凹球面の曲率半径Rは150～2000mm、Zhは2～10mm、円弧の幅（円弧状帯の幅）は0.1～20mm、円弧の長さは2～40mm、Yhは約1～10mmであり、更に表面粗さが $R_{rms} < 0.3nm$ である。

【0012】ところで、上記のような多面反射鏡を加工する場合、その表面粗さや面形状の加工精度から考えて、まず、被加工物を第1の所定の形状を有する曲面に仕上げておき、その曲面の所定の位置より基本反射面を切り出す。例えば、図5に示すように、被加工物113をワークホルダー114に保持して回転させ、バイトホルダ111によって保持されたダイヤモンドバイト112を使ったNC切削加工機により第1の所定の曲面に形状創成する。この後、加工面を図6に示すように、被加工物をワークホルダ115に保持して回転させ、研磨皿116に貼り付けられたポリシャ117の揺動軸を揺動させて研磨することによって必要となる表面粗さ $R_{rms} < 0.3nm$ を満足させる。次に、本被加工物の一部を図7に示すようなワイヤ放電加工機によって切り出し、これを貼り合わせることによって図3のような複雑な形状の基本反射面を有する多面反射鏡を製造することができる。

【0013】しかし、この基本反射鏡を組み上げる工程は実際に光を照射して、ウェハ位置に置かれた撮像素子上に照明視野を形成させ、この像をCRT上で観察しながら1個ずつ基本反射面の取り付け位置や角度を調整していた。このため、調整には膨大な時間と手間がかかり、したがってコスト高の大きな要因になっていた。また、人の目を介して行う作業なので調整のバラツキを避けることができず、性能も一定していなかった。

【0014】そこで、本発明はこのような課題を解決すべく考案したものであり、設計通りの反射面形状を有する多面反射鏡を歩留まりよく製造できる製造方法を提供することを第1の目的とし、さらには、よりスループットの高い半導体露光装置を得ることを第2の目的としている。

【0015】

【課題を解決するための手段】そこで上記の問題点を解決するために本発明によれば、所定の曲面の一部を面形状とする基本反射面を配置台に繰り返し配置してなる多面反射鏡の製造方法であって、前記基本反射面に第1の位置決め部を形成する第1位置決め形成工程と、前記配

置台に第2の位置決め部を形成する第2位置決め形成工程と、前記第1の位置決め部と前記第2の位置決め部とを当接させる当接工程とからなる多面反射鏡の製造方法とした。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明では、上記のような多面反射鏡を製作する場合、1個ずつ基本反射面の取り付け位置や角度を調節する方法には限界があること、また時間と手間がかかるため製作費用に関してもマイナスが大きいことを考慮して、まず各々の基本反射面を設計値どおりに製作し、そののちに、それらを正確に、安価に組み合わせる方がより高性能な多面反射鏡を安価に得られるという考えに立脚している。

（第1の実施例）本発明の実施例を、図面を用いて説明する。

【0017】本実施例では、以下の形状の基本反射面を例にとる。すなわち、光学面の凹球面の曲率半径はRは180mm、Zhは5.0mm、円弧の幅（円弧状帯の幅）は1.0mm、円弧の長さは5.0mm、Yhは約2.5mm、円弧凸面の曲率半径は20mm、円弧凹面の曲率半径は20mmである。

【0018】基本反射面を有する基本反射鏡の製作には前述のような方法が適用可能である。ここに再度記す。基本反射鏡の素材としてアルミ合金を準備する。このアルミ合金の一面に旋盤により曲率半径180mmの凹面を加工する。このときの凹面加工では、数μmの誤差があっても良い。また、本実施例では基本反射鏡の中心の高さが9.95mmとなるようにした。その高さは5～20mm程度としてもさしつかえない。さらに加工された凹面に、無電解ニッケルメッキを厚さ100μm施して、基本反射鏡の中心の高さを10.05mmとした。さらに、このメッキ面を、図5に示すようにダイヤモンドバイトを使ったNC切削加工機により、曲率半径180mmの凹面を高精度に加工する。またこのときの加工量は50μmとすることにより、基本反射鏡の中心の高さは10mmとした。なお、基本反射鏡の中心高さが最終的に所望値になるのであれば、無電解ニッケルメッキの厚さは、50μmに限られるものではなく、数10～数100μmでもよい。さらに凹面の形状誤差が1μm以下になるように加工した。

【0019】つぎに、図6に示すように、NC切削加工面を研磨して、曲率半径180mmの精度を維持したまま、切削時のツールマークを除去する。研磨する面には、無電解ニッケルメッキが付与されているため、必要となる表面粗さRrms<0.3nmを満足させることができる。

【0020】つぎに、本被加工物の一部を図7に示すようなワイヤ放電加工機により切り出す。もしくはフライス加工により切り出しても良い。

【0021】得られた基本反射鏡の底面の端面に、図1

に示すように切り欠きを加工する。本実施例では、切り欠きの高さHkは、基本反射鏡の高さの40%である4mmとした。Hkは基本反射鏡の高さの10～90%程度でも同様の効果が得られる。切り欠き間の幅Wkは、基本反射鏡の円弧長さの60%である3mmとした。Wkは基本反射鏡の円弧長さの10～90%程度でも同様の効果が得られる。このように切り欠きを加工することにより、基本反射鏡に位置決め用の突起を形成できる。

【0022】図8(a)は基本反射鏡を載置する載置台を示し、図8(b)は図8(a)のC-C'間の断面を示す図である。

【0023】まず、載置台の素材として、インバーを準備する。A面をフライス加工により、例えば1μm程度の高い平面度に加工する。つぎにA面に、フライス加工により、Wg=3mm、Lg=5mm、Dg=3.9mmの溝を等間隔に5列加工する。この溝により基本反射鏡はY軸方向に位置決めされる。Wgの長さは、基本反射鏡のWkの長さと等しいか、基本反射鏡を容易にはめ込むことができるくらい、例えば1～数100μm広くすることが望ましい。Lgの長さは、基本反射鏡の円弧長さと等しいか、基本反射鏡を容易にはめ込むことができるくらい、例えば1～数100μm広くすることが望ましい。Dgの深さは、基本反射鏡のHkの長さよりも浅くする。本実施例では、Dgは基本反射鏡のHkより0.1mm浅くしているが、後述のように、隙間に接着層を設けることができれば、この値に限られるものではない。また、図示のように、溝の始点はY軸と平行に加工されており、各溝の始点のZ座標は、図3に示した多面反射鏡を構成する各列の上端のZ座標と等しい。各溝の始点のZ座標は、図3に示した多面反射鏡を構成する各列の下端のZ座標と等しくてもよい。この始点により基本反射鏡はZ軸方向に位置決めされる。

【0024】つぎに、載置台の溝に、基本反射鏡の位置決め突起をはめ込んで接着する。接着は、図9のように、隙間Cに接着剤を塗布して行う。すなわち、本実施例では、隙間Cは幅0.1mmなので、接着代も0.1mmである。ここで、1個目に接着する基本反射鏡は、溝の始点と密着するようにする。2個目に接着する基本反射鏡は、1個目の基本反射鏡に密着するようにしながら、同様に、隙間Cに接着剤を塗布して接着する。このようにして、1～5列目に、すべての基本反射鏡を接着することにより、多面反射鏡が形成できる。

【0025】図10(a)は基本反射鏡を載置する載置台を示し、図10(b)は図10(a)のA-A'間の断面を示す図である。

【0026】また、各溝の始点と終点は、図10のように、円弧の曲率半径(R20mm)と一致する曲率半径を有する面（以下、B面と呼ぶ）に加工しておいても良い。B面を凹面に加工する場合、B面の中心のZ座標は、図3に示した多面反射鏡を構成する各列の上端のZ

(5)

7

座標と等しくする。B面を凸面に加工する場合、B面の中心のZ座標は、図3に示した多面反射鏡を構成する各列の下端のZ座標と等しくする。載置台の溝に、1個目の基本反射鏡を接着する際には、B面と密着するようにする。なお、載置台に直接B面を加工する代わりに、図11に示すように、少なくとも1つの面がB面の形状をした凹部材を溝にはめ込んでも良い。または凸部材をはめ込んでも良い。

【0027】上記のように接着することにより、基本反射鏡の第1の位置決め部と載置台の第2の位置決め部とが当接するので、すべての基本反射面のX方向における位置を一定に揃えて固定することができる。また、位置決め突起と溝とが勘合しているので、すべての基本反射鏡のY方向における位置決めを正確かつ容易に行うことができる。また、基本反射鏡を載置台に接着する際に、基本反射鏡の円弧同士を接触させるようにしているので、すべての基本反射鏡のZ方向の位置決めを正確かつ容易に行うことができる。

【0028】また、載置台の溝はフライス加工機で加工するので、簡便に $\mu\text{m}$ オーダーの高精度で加工できる。また、基本反射鏡の切り欠きも、フライス加工機で加工するので $\mu\text{m}$ オーダーの高精度で加工できる。これらは多面反射鏡を形成するのに十分な精度である。なお、基本反射鏡の切り欠きの加工は、基本反射鏡1個ずつに対して行うのではなく、複数をならべて、まとめて加工すると効率が良い。

【0029】以上のようにして、設計値どおりに製作した複数の基本反射鏡を組み合わせることにより、図3に示す多面反射鏡を効率よく高い精度に製作することができる。

【0030】また、上記多面反射鏡を半導体露光装置に組み込むためには、図2のように構成すればよい。

(第2の実施例)以下に本発明に係わる第2の実施例を説明する。

【0031】まず、第1の実施例に記した加工法により、基本反射鏡を製作する。

【0032】得られた形成された基本反射鏡の低面の中央に、図12に示すような切り欠きを加工する。本実施例では、切り欠きの高さ $H_k$ は、基本反射鏡の高さの40%である4mmとした。 $H_k$ は基本反射鏡の高さの10~90%程度でも同様の効果が得られる。切り欠きの幅 $W_k$ は、基本反射鏡の円弧長さの60%である3mmとした。 $W_k$ は基本反射鏡の円弧長さの10~90%程度でも同様の効果が得られる。この切り欠きが、基本反射鏡の位置決め用の溝である。

【0033】図13(a)は基本反射鏡を載置する載置台を示し、図13(b)は図13(a)のC-C'間の断面を示す図である。

【0034】まず、載置台の素材としてインバーを準備する。A面をフライス加工により、例えば1 $\mu\text{m}$ 程度の

高い平面度で加工する。つぎにA面に、フライス加工により、 $W_g = 3\text{mm}$ 、 $L_g = 5\text{mm}$ 、 $D_g = 3.9\text{mm}$ の溝を6列加工する。突起間の距離が等間隔になるように、6列の溝を加工する。こうして形成された溝と溝の間の凸部が要素光学素子をY軸方向に位置決めするための突起である。 $W_g$ の長さは、基本反射鏡の $W_k$ の長さと同じか、基本反射鏡を容易にはめ込むことができるくらい、例えば1~数100 $\mu\text{m}$ 広くすることが望ましい。

$L_g$ の長さは、基本反射鏡の円弧長さと同じか、基本反射鏡を容易にはめ込むことができるくらい、例えば1~数100 $\mu\text{m}$ 広くすることが望ましい。 $D_g$ の高さは、基本反射鏡の $H_k$ の高さよりも浅くする。本実施例では、 $D_g$ は基本反射鏡の $H_k$ より0.1mm浅くしているが、後述のように、隙間に接着層を設けることができる。つぎに、突起に、図示のように、位置決め部材を固定する。固定には、接着材を用いてもボルトを用いても良い。実施例では位置決め部材の幅は $W_g$ と等しくしたが、この幅は $W_g$ より大きくても小さくても良い。この位置決め部材の端面のZ座標は、図3に示した多面反射鏡を構成する各列の上端のZ座標と等しい。各溝の始点のZ座標は、図3に示した多面反射鏡を構成する各列の下端のZ座標と等しくてもよい。この端面により基本反射鏡はZ軸方向に位置決めされる。

【0035】つぎに、載置台の突起に、基本反射鏡の位置決め溝をはめ込んで接着する。接着は、図14のように、隙間Cに接着剤を塗布して行う。すなわち、本実施例では、隙間Cは幅0.1mmなので、接着代も0.1mmである。ここで、1個目に接着する基本反射鏡は、位置決め部材の端面と密着するようにする。2個目に接着する基本反射鏡は、1個目の基本反射鏡に密着するようにしながら、同様に、隙間Cに接着剤を塗布して接着する。このようにして、1~6列、すべてに基本反射鏡を接着することにより、多面反射鏡が形成できる。

【0036】上記のように接着することにより、基本反射鏡の第1の位置決め部と載置台の第2の位置決め部とが接触するので、すべての基本反射面のX方向における位置を一定に揃えて固定することができる。また、基本反射鏡の溝と載置台の突起とが勘合しているので、基本反射鏡のY方向の位置決めを正確かつ容易に行うことができる。また、基本反射鏡を載置台に接着する際に、基本反射鏡の円弧同士を接触させているので、すべての基本反射鏡のZ方向における位置決めを正確かつ容易に行うことができる。

【0037】また、載置台の溝はフライス加工機で加工するので、簡便に $\mu\text{m}$ オーダーの高精度で加工できる。また、基本反射鏡の切り欠きも、フライス加工機で加工するので $\mu\text{m}$ オーダーの高精度で加工できる。これらは多面反射鏡を形成するのに十分な精度である。なお、この切り欠きの加工は、基本反射鏡1個ずつに対して行うので

はなく、複数をならべて、まとめて加工すると効率が良い。

【0038】以上のようにして、設計値どおりに製作した複数の基本反射鏡を組み合わせることにより、図3に示す多面反射鏡を高い精度に製作することができる。

【0039】また、上記多面反射鏡を半導体露光装置に組み込むためには、図2のように構成すればよい。

【0040】以上のように本発明で製作した多面反射鏡に対して、反射率を上げるために、F<sub>2</sub>レーザを光源に使用する時のために、アルミニウム薄膜を約100nmの厚さに蒸着によって形成し、さらにその上に同一真空槽内に酸化防止と反射率の維持の観点よりMgF<sub>2</sub>を数十nmの厚さに蒸着により形成した。また、軟X線領域の光（電磁波）を使用する時には、SiとMoの多層膜による多面反射鏡（前述の参考文献、1、2を参照）を形成した。

【0041】本発明では、球面の1部分である基本反射鏡A、B、Cから構成される多面反射鏡の加工方法を示した。しかし、本発明で加工できる光学素子はこれに限られない。たとえば、基本反射鏡の種類は、3種類よりも多くても、少なくとも良い。また、基本反射鏡は非球面の1部分であっても良い。また、多面反射鏡の大きさおよび要素光学素子の大きさも、本実施例に限られるものではない。また、基本反射鏡の総数も、本実施例に限られるものではない。

【0042】また、上記の実施例では、基本反射鏡の素材としてアルミ合金を用いたが、銅材や、無酸素銅、インバー、スーパーインバーを用いることもできる。また、上記の実施例では、素材に無電解ニッケルメッキを付与したが、切削・研磨後に鏡面性が良好であれば無電解ニッケルメッキでなくとも良い。例えば、ニッケル合金を主成分とする非晶質薄膜でよい。

【0043】また、金属の代わりに、ガラスやシリコンを用いることもできる。この場合、無電解ニッケルメッキを付与しなくても、所望の表面粗さを得ることができる。ガラスとしては、石英ガラスや、低膨張ガラスなどを用いることができる。また、ガラスを加工する場合、基板からの切り出しは、ワイヤー放電加工の代わりに研削加工で行えばよい。また、前記切削工具の代わりに研削工具として砥石を用いればよい。シリコンを加工する場合、ブロックからの切り出しは、ワイヤー放電加工か研削加工で行えばよい。また、前記切削工具のほかに研削工具を使うこともできる。

【0044】また、上記の実施例では、載置台の素材としてインバーを用いたが、銅材、アルミ合金、無酸素銅、スーパーインバーを用いることもできる。金属の代わりに、ガラスやシリコンを用いることもできる。ガラスとしては、石英ガラスや、低膨張ガラスなどを用いることができる。また、ガラスやシリコンを加工する場合、フライス加工の代わりに研削加工で行えばよい。

【0045】

【発明の効果】上述のように、本発明によって提供される製造方法により、多数の要素反射面からなる複雑形状の光学素子を高精度で、そして、高い加工効率で製造できる。また、本製造方法により得られた多面反射鏡を露光装置用の照明装置にもちいれば、スルーブットの高い露光装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる基本反射鏡の概略図

【図2】多面反射鏡を使用した露光装置の光学系の概略構成図

【図3】本発明に係る多面反射鏡の概略図

【図4】本発明に係る多面反射鏡を構成する基本反射鏡の概略図

【図5】本発明の実施例に用いられる切削加工方法の概念図

【図6】本発明の実施例に用いられる研磨加工方法の概念図

【図7】本発明の実施例に用いられる基本反射鏡の切り出し方法の概念図

【図8】基本反射鏡を配列するための載置台を示す概略図

【図9】載置台への基本反射鏡の載置方法を示す概略図

【図10】基本反射鏡を配列するための載置台を示す概略図

【図11】基本反射鏡を配列するための載置台を示す概略図

【図12】本発明に係わる基本反射鏡の概略図

【図13】基本反射鏡を配列するための載置台を示す概略図

【図14】載置台への基本反射鏡の載置方法を示す概略図

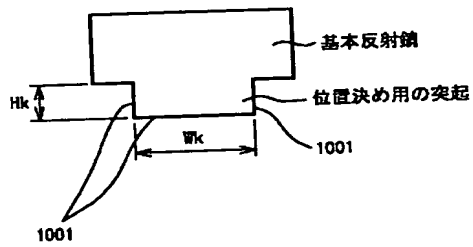
【符号の説明】

1001、1003…第1の位置決め部

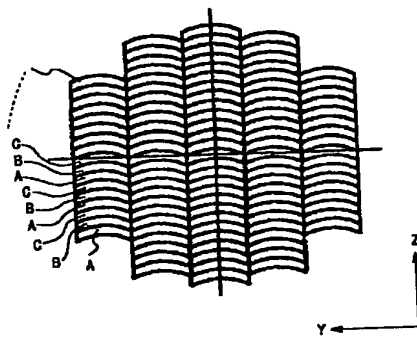
1002、1004…第2の位置決め部



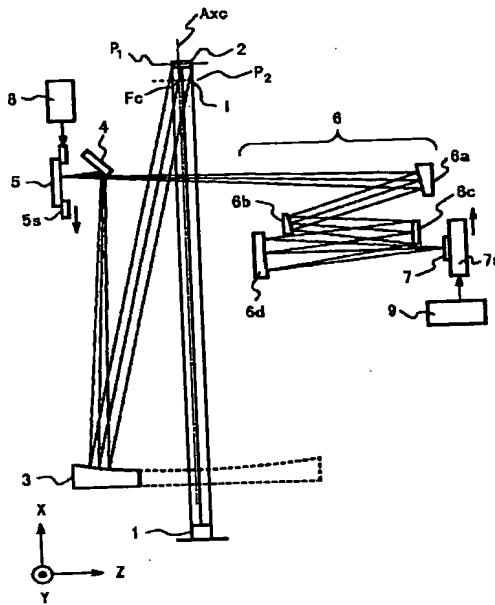
【図1】



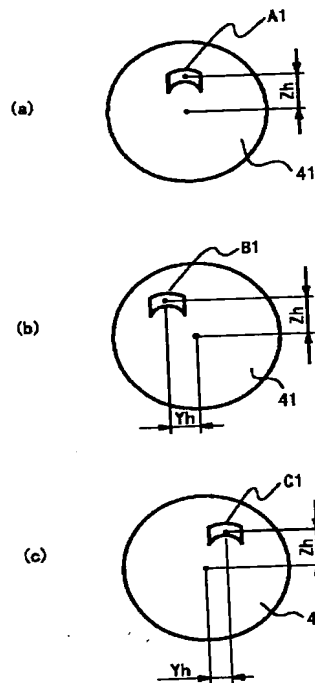
【図3】



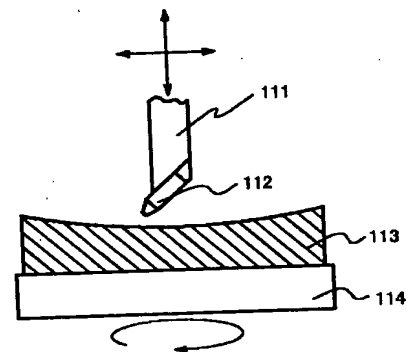
【図2】



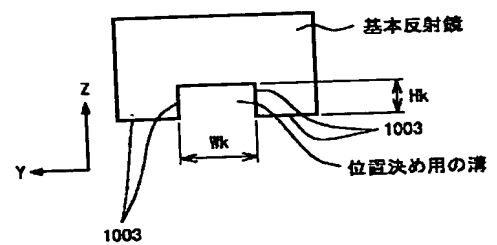
【図4】



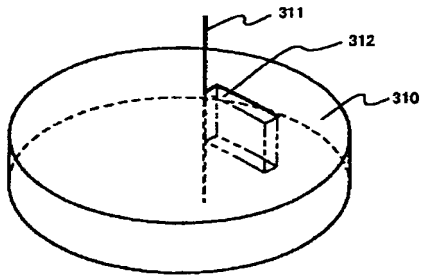
【図5】



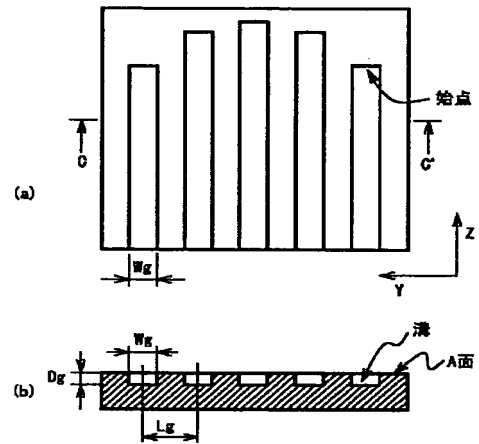
【図12】



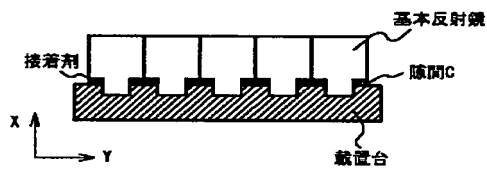
【図7】



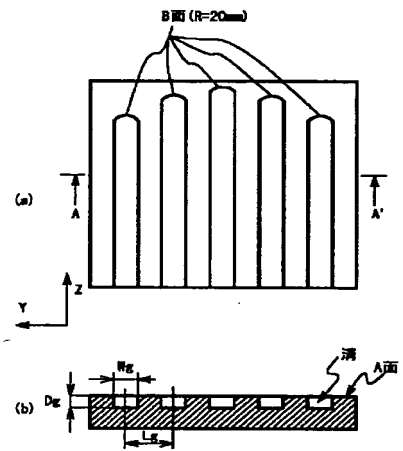
【図8】



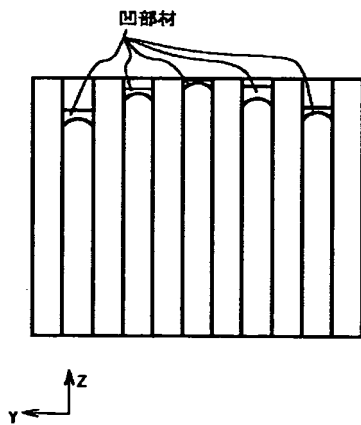
【図9】



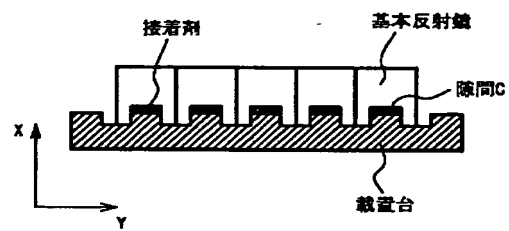
【図10】



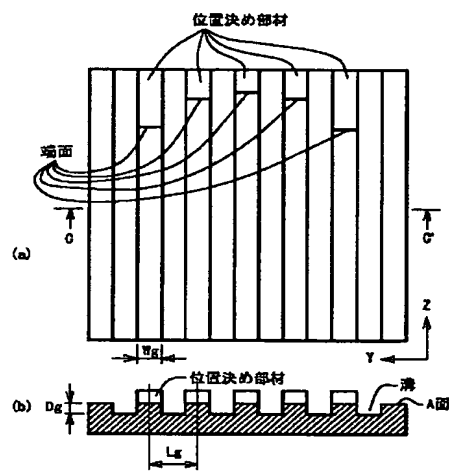
【図11】



【図14】



【図13】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ ~~FADED~~ TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**